

# Dichtungsmaterialien im Brunnenbau

Dichtungstone  
Dichtungsmassen



# Dichtungsmaterialien im Brunnenbau

## Allgemeines

Bei der Herstellung von Bohrungen zur Gewinnung, Beobachtung, Erkundung von Grundwasservorkommen werden in der Regel auch bindige Sedimente durchbohrt, die im ungestörten Gefüge hydraulische Barrieren darstellen. Sie trennen Grundwasservorkommen unterschiedlicher Güte und Mineralisation und unterbinden das Vordringen anthropogen belasteter Wässer in tiefliegende Aquifere. Beim Rückbau bzw. Ausbau von Bohrungen zu Brunnen oder Messstellen besteht daher generell die Forderung, zuvor perforierte Ton-schichten durch den Einbau geeigneter Dichtungsmaterialien nachweislich wieder herzustellen.

Als führender Hersteller und Lieferant von Brunnenausbaumaterialien verfügt die GWE-Gruppe über ein qualifiziertes Sortiment hochwirksamer Dichtungsprodukte auf der Grundlage von quellfähigen Tonen sowie plastischen, pumpfähigen Ton- Bindemittel Abmischungen.

**Dichtungstone** unterscheiden sich in Formgebung, Quellfähigkeit, Strukturstabilität, Eigendichte und geophysikalischer Nachweisbarkeit. Der Einbau in das Bohrloch erfolgt in der Regel als freie Schüttung durch Absinken in Bohrspülung bzw. Wasser. Kontrollnotungen dokumentieren die tiefengerechte Platzierung des Dichtungsmaterials. Grenzen setzt die Bohrlochtiefe und Ringraumgeometrie.

Ebenso kommen pumpfähige **Dichtungsmassen** auf der Grundlage von Ton- Bindemittel Fertigmischungen zur Anwendung. Mit Wasser werden stabile Suspensionen angemischt und im Kontraktorverfahren sicher bis in große Tiefen eingebaut.

## Anforderungen

Die zentralen Anforderungen an Dichtungsmaterialien im Brunnenbau lauten:

- Wirksame Abdichtung im eingebauten Zustand - **Systemdichtigkeit**
- Trinkwasserhygienisch unbedenklich
- Sichere zielgenaue Platzierbarkeit
- Bohrlochgeophysikalisch meßbar

## Dichtungstone

Für die Herstellung von Abdichtungen im Brunnenbau haben sich hochquellfähige Tonprodukte besonders gut bewährt. Sie bestehen zu einem wesentlichen Anteil aus dem Tonmineral Bentonit.

Der entscheidende Vorteil gegenüber gering quellfähigen Materialien aus kaolinitischen/illitischen Tonen besteht in deren Fähigkeit zur Volumendehnung und zum Aufbau von Quelldruckspannung. Hierdurch gelingt die kraftschlüssige Anbindung der Tonabdichtung an Grenzflächen (Aufsatzrohre/Bohrlochwand), wodurch Randläufigkeiten verhindert und ausgezeichnete Systemdichtigkeiten erreicht werden.

## Einbauort Brunnenringraum

Die Ringraumgeometrie hat in Bezug auf die Gewichtskraft eingebrachter Schüttgüter zur Folge, dass nur geringe Vertikallasten wirken. Verfüllstoffe wie Kies oder Sand tragen ihre Gewichtskraft größtenteils über die großen Seitenflächen (Aufsatzrohroberfläche/Bohrlochwand) ab. Bereits wenige Meter unterhalb GOK stellt sich besonders bei kleinkalibrigen Bohrungen eine relativ geringe konstante Vertikallast mit der Folge ein, dass zuvor geschüttete Dichtungstone keiner nennenswerten Kompaktierung unterliegen.

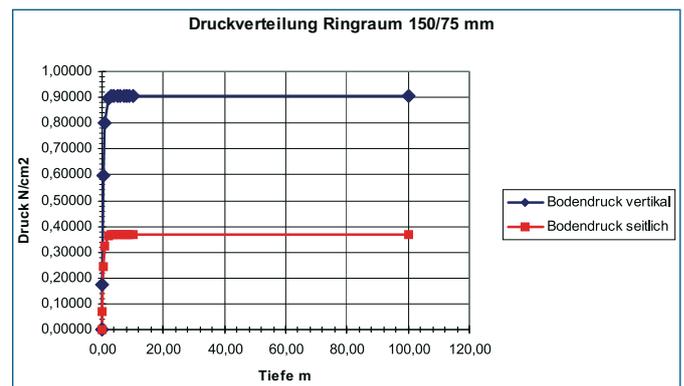


Diagramm 1: Gewichtsverteilung in mit Kies verfülltem Brunnenringraum.  
Ø Bohrung 150 mm / Ø Aufsatzrohr NORIP DN 65

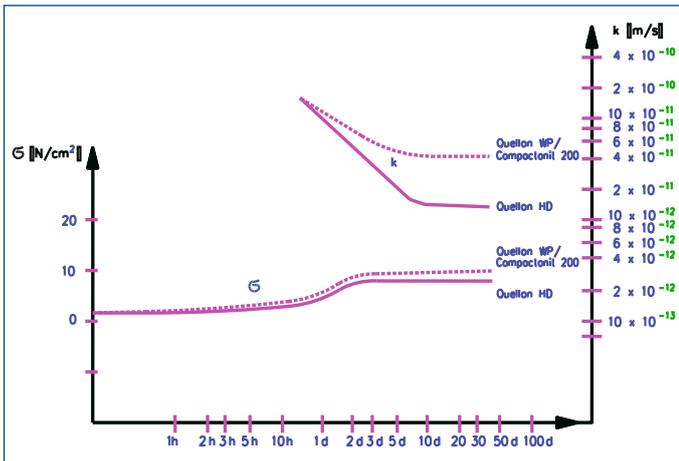
Bei der Festlegung der Prüfparameter zur Ermittlung der Wirksamkeit von Dichtungstone für Bohrlochabdichtungen ist dies zu berücksichtigen. Um praxisnahe Ergebnisse über die Baustoffkennwerte der Abdichtung im Bohrloch zu erhalten sind in den Prüfzellen Vertikalaufasten von max. 1 N/cm<sup>2</sup> aufzubringen (Diagramm 1).

## Baustoffkennwerte

Unter Berücksichtigung der speziellen Einbaubedingungen haben sich zur umfassenden Ermittlung der Baustoffkennwerte von Dichtungstonen im Brunnenbau zwei unterschiedliche Versuchsaufbauten bewährt:

### 1. Versuch mit konstantem Volumen

Beschreibt den Fall der kompletten Auffüllung des wassergefüllten Raumes mit geschütteten Dichtungston. Der Ausdehnungsraum ist bei lastarmer Überschüttung begrenzt. Nachdem sich die Porenräume in der Tonschüttung durch Quellung geschlossen haben, wird die sich aufbauende **Quelldruckspannung**  $\sigma$  und der **Durchlässigkeitsbeiwert**  $k_f$  nach Darcy gemessen.

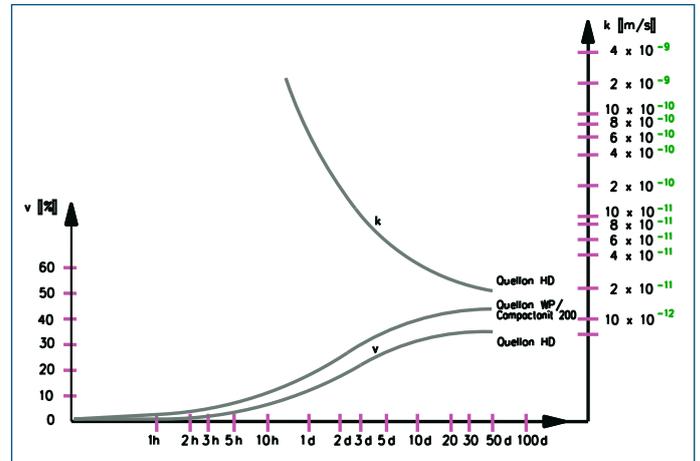


### 2. Versuch mit konstantem niedrigem Druck

Beschreibt den Fall, bei dem aus geometrischen Gründen unverfüllte Resthohlräume vorliegen, wie dies bei größeren Bohrlochaufweitungen der Fall sein kann. Eine niedrig angelegte Vertikalauflast ( $1\text{N}/\text{cm}^2$ ) gestattet, je nach Quellkapazität eine zu messende **Volumendehnung**  $V$  in den Hohlraum. Parallel wird der sich einstellende **Durchlässigkeitsbeiwert**  $k_f$  ermittelt. (siehe Grafik rechts oben)

Typische Werte für hochquellfähigen Dichtungston:

<b>Quelldruckspannung <math>\sigma</math></b> <b>Versuch 1:</b>	<b>bis 10,0 N/cm<sup>2</sup></b>	
<b>Volumendehnung</b> <b>Versuch 2:</b>		<b>20 - 40 %</b>
<b>Durchlässigkeitsbeiwert <math>k_f</math></b> <b>Versuch 1 + 2:</b>		<b>&lt; 10<sup>-10</sup> m/s</b>



## Wirksamkeit in Salzwasser

Die Fähigkeit bentonithaltiger Dichtungstone zur Volumendehnung und zum Aufbau von Quelldruck reduziert sich in mineralisierten Wässern. Untersuchungen mit Natriumchlorid-Wässern und SBF Quellon WP am Institut für Grundbau und Bodenmechanik an der TU Braunschweig zeigten folgendes Verhalten:

### Versuchsserie 1

- Aktivierung in Leitungswasser
- Durchströmung mit Salzwasser

Erfolgt die Aktivierung der hochquellfähigen Tonpellets zunächst in Süßwasser, so ist die Wirksamkeit der Tonabdichtung gegenüber Natriumchlorid-Wässern bis zu einer Konzentration von 30 g/l nachgewiesen.

**Grenzwert 30 g NaCl/l**

### Versuchsserie 2

- Aktivierung und Durchströmung mit Salzwasser

Beim direkten Einbau von Quellon WP in Salzwasser sind die Baustoffkennwerte der Tonabdichtung bis zu einer Konzentration von 5 g NaCl/l stabil. Bei 10 g/l erhöht sich der Durchlässigkeitsbeiwert um eine Zehnerpotenz auf  $10^{-10}\text{m/s}$ . Höhere Salzfrachten bewirken einen massiven Rückgang der Quellfähigkeit und Anstieg der Durchlässigkeitsbeiwerte um mehrere Zehnerpotenzen.

**Grenzwert 10 g NaCl/l**

## Quellfähigkeit in Süß- und Salzwasser

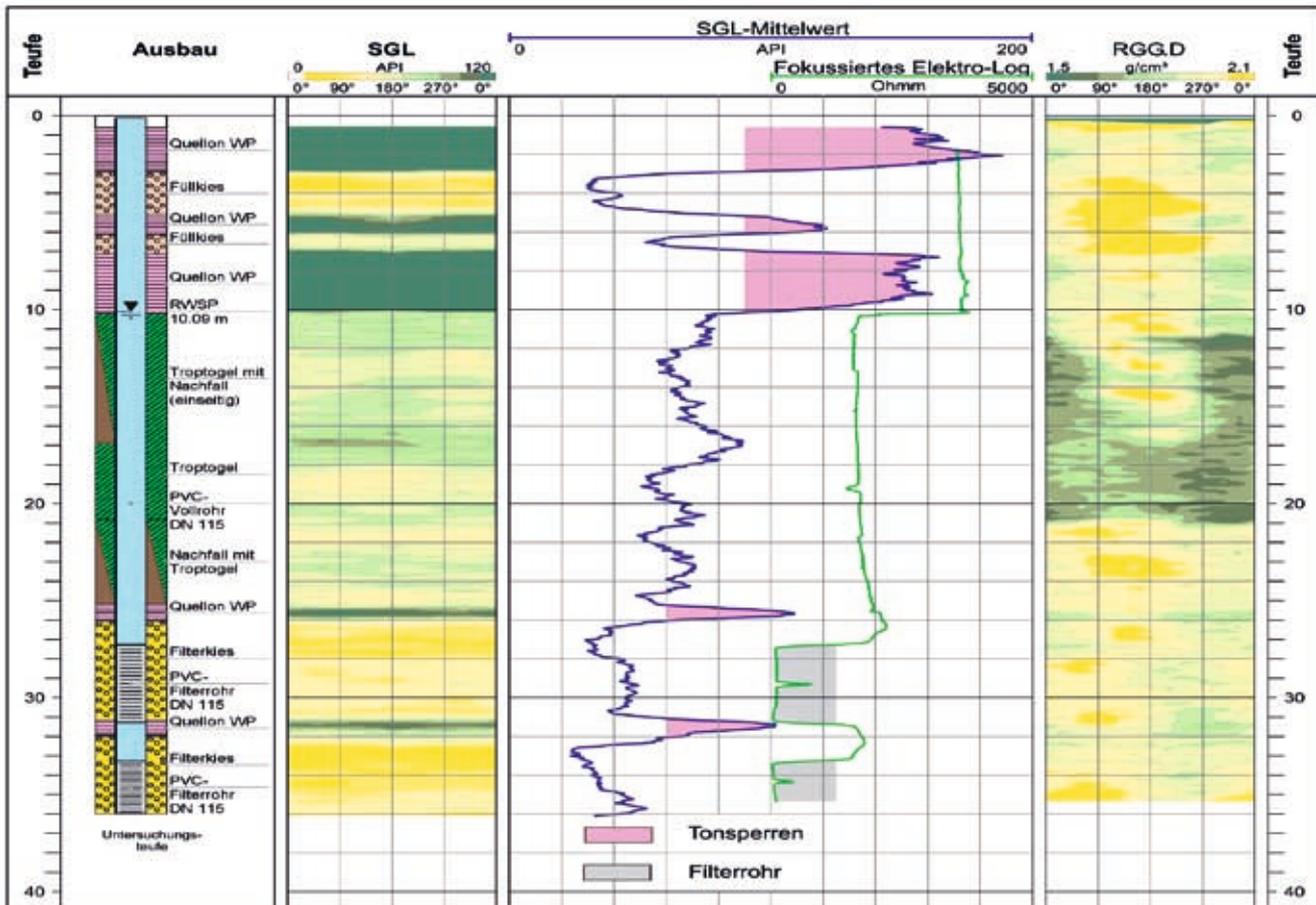


Abb. 1 Quellon HD trocken / in Deionat / Leitungswasser / - Salzwasser 10 g NaCl/l

Dichtungstone, die bei freier Lagerung unter Wasser Quellkapazitäten  $< 30\%$  aufweisen und diese somit kleiner als das Porenvolumen der Tonschüttung sind, sollten für Abdichtungen im Brunnenbau nur bedingt zum Einsatz gelangen. Es kann hier nicht ausgeschlossen werden, dass in der Tonschüttung durchgehende Poren, insbesondere an den Grenzflächen (Bohrlochwand/Aufsatzrohroberfläche) verbleiben, aus denen erhöhte Durchlässigkeiten resultieren. Große hydraulische Gradienten bewirken sodann Erosionen, die letztlich zum Totalausfall der Barriere führen und Umlagerungen der Füllstoffe oberhalb der Tonabdichtung nach sich ziehen.

Ausreichend gute Bohrlochabdichtungen mit Ton geringer Quellfähigkeit sind in Bohrungen erst ab  $\varnothing > 400$  mm aufgrund ausreichend großer Vertikallasten aus der Überschüttung erzielbar. Für kleinere Bohrloch-/Ringraumquerschnitte empfehlen wir aus den genannten Gründen ausschließlich bentonithaltige Dichtungsmaterialien zu verwenden.

## Bohrlochgeophysikalischer Nachweis von Ringraumhinterfüllungen



Quelle: Bohrlochmessung-Storkow GmbH

Zu den weiteren Qualitätsmerkmalen von Dichtungstonen zählen:

- Sinkverhalten/ Einbausicherheit
- Formgebung
- Strukturstabilität
- Bohrlochgeophysikalische Nachweisbarkeit

Als vorteilhaft haben sich vakuumgepresste Tonpellets gegenüber granulierter Ware in Bezug auf Einbausicherheit und Strukturstabilität erwiesen. Glatte, kompakte Oberflächen verzögern den Quellvorgang beim Absinken im Bohrloch und reduzieren somit das Risiko von Brücken-/Paketbildungen auf der Fallstrecke.

Durch spezielle mineralische Zuschlagstoffe sind Produkte mit besonderen Einzeleigenschaften, beispielsweise erhöhter Eigendichte/Sinkgeschwindigkeit mit magnetischen Eigenschaften und erhöhter Eigenstrahlung für einen sicheren Nachweis bei Brunnenkontrollmessungen lieferbar (s. Abbildung Bohrlochmessung - Storkow GmbH).

Unsere Anwendungstechnik berät Sie gern bei der Wahl des passenden Produktes.

## Dichtungsmassen

Neben der Verwendung von Tonprodukten zur Abdichtung von Brunnen und Grundwassermessstellen haben sich Fertigmischprodukte zur Herstellung pumpfähiger Dichtungssuspensionen für Bohrlochabdichtungen bewährt und etabliert. Sie bestehen im wesentlichen aus:

- Hydraulischem Bindemittel
- Geringquellfähigem Ton (Kaolinit)
- Hochquellfähigem Ton (Bentonit)
- Speziellen mineralischen Zusätzen bei weitergehenden Anforderungen

Grundsätzlich können Ton- Zementsuspensionen für alle Abdichtungsmaßnahmen im Brunnenbau eingesetzt werden, d.h. sowohl für einfache Brunnenrückbauten als auch für Ringraumabdichtungen in Grundwassermessstellen. Durch die Anwendung bewährter Einbringtechniken sind Abdichtungen in großer Tiefe zuverlässig herstellbar.

Wie bei den Tonprodukten sind für pumpfähige Abdichtungen auch spezielle mineralische Abmischungen lieferbar, die beispielsweise eine erhöhte natürliche Gammaktivität besitzen.

Hierdurch wird eine verbesserte bohrlochgeophysikalische Nachweisbarkeit erreicht. Insbesondere bei Ringraumnachverpressungen sind aussagefähige bohrlochgeophysikalische Messungen eine wichtige Grundlage für die qualitative Abschätzung durchgeführter Sanierungen. Ein entsprechendes Produkt bieten wir unter der Bezeichnung SBF-Troptogel C an.

Vorteile zeigen pumpfähige Dichtungsmassen auch beim Ausbau von Bohrungen zur Gewinnung von Erdwärme. Deren fließfähige Konsistenz ermöglicht eine sichere Komplettumhüllung verbauter Sondenrohre, Bögen und Abstandshalter bei gleichzeitiger Wiederherstellung durchbohrter hydraulischer Barrieren. Je nach Anforderungen kommen einfache Dämmersuspensionen oder Verfüllmassen mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit zur Anwendung.

## Anforderungen

Pumpfähige Dichtungsmassen für qualifizierte Abdichtungen in Brunnen und Grundwassermessstellen sollten folgende Eigenschaften aufweisen:

- Absolute Volumenbeständigkeit
- $k_f$ -Werte  $< 10^{-10}$  m/s
- Hohe Systemdichtigkeit
- Keine Temperaturerhöhung beim Abbindevorgang
- Sedimentationsstabil
- Hohe Beständigkeit gegenüber betonaggressive Wässer
- Filterstabil an durchlässigen Grenzflächen
- Bohrlochgeophysikalisch lokalisierbar
- Trinkwasserhygienisch unbedenklich

## Herstellung

Für das Herstellen der Dichtungsmassen haben sich hochoberflächige Mischanlagen bewährt, die das Bindemittel/Tongemisch kolloidal aufschließen, so dass klumpenfreie, stabile Suspensionen bei effizientem Materialeinsatz entstehen. Die Kapazität der Mischer ist an die Größe der jeweiligen Abdichtungsmaßnahme anzupassen, um in dem zur Verfügung stehenden Zeitfenster entsprechende Suspensionsmengen herstellen zu können.

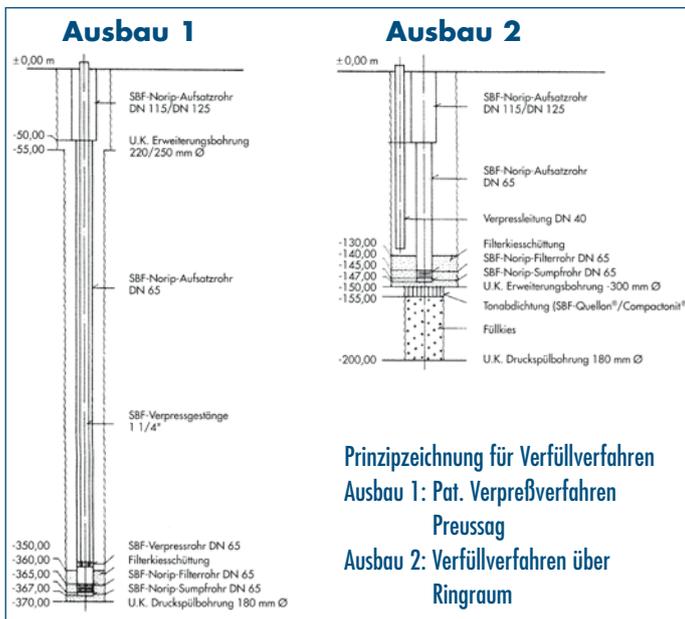
Vorgaben bezüglich der Suspensionskennwerte wie Marsh-Trichter Auslaufzeiten, Dichte und Verarbeitungszeiten sind zu beachten und zu dokumentieren.

## Verpressung

Für eine fachgerechte Herstellung von Ringraumabdichtungen in tiefen Brunnen oder Messstellen empfiehlt sich der Einsatz des von Preussag entwickelten und unter der Patent Nr. DE 3 84 13 16 C2 registrierten Verpressverfahrens (Ausbauvariante 1).

Unter Verwendung des speziell auf diese Methode abgestimmten SBF-NORIP Rohrsystems wird Dichtungsmasse aus dem Innern des Brunnens in den Ringraum verpresst. Hierzu ist in der Vollwandrohrstrecke oberhalb des ausgefilterten Bereichs ein Verpressrohr integriert, durch das über einen Kolben die Suspension zu Tage gepumpt wird. Die Vorteile dieser Methode im Vergleich mit konventionellen Einbringtechniken sind immens:

- Kleiner erforderlicher Bohrdurchmesser
- Effizienter Materialeinsatz
- Kurze Verfüllzeiten
- Gleichmäßige, homogene Ringraumhinterfüllung
- Erfolgte Abdichtungen bis in 500 m Tiefe



Eine detaillierte Verfahrensbeschreibung erhalten Sie auf Anforderung.

Entsprechend der Ausbauvariante 2 kann die Dichtungssuspension auch konventionell im Kontraktorverfahren direkt in den Ringraum verpresst werden. Die Einbautiefe nach dieser Methode ist begrenzt. Einerseits steigen die Reibungswiderstände beim Einbau der Verpressleitung stark an, andererseits stellen die erforderlichen großen Bohrlochquerschnitte einen erheblichen Kostenfaktor dar.

Der eigentliche Einbringvorgang ist beendet, wenn die Suspensionskennwerte (Dichte/Viskosität) der verpressten und der aus der Bohrung austretenden Dichtungsmasse identisch sind.



## Übersicht Qualitätsmerkmale Dichtungstone - Anwendungsempfehlungen

	Quellon HD	Mikolit 300 300 M	Quellon WP	Compactonit 10/200	Compactonit 10/80	Compactonit TT 20	Mikolit 00
<b>Produktmerkmale</b>	Hochqueffähig/ Pellet/ Hohe Dichte	Mäßig queffähig/ Pellet	Hochqueffähig/ Pellet	Hochqueffähig/ Pellet	Mäßig queffähig/ Pellet	Gering quell- fähig/ Pellet	Gering quell- fähig/ Pellet
<b>Dichtwirkung im Ringraum</b>	+++	+	+++	+++	+	-	-
<b>Sinkverhalten beim Einbau</b>	+++	0	0	0	0	0	0
<b>Bohrlochgeophysikalische Meßbarkeit</b>	+++	+	+++	0	0	0	0
<b>Anwendungsempfehlungen</b>	Tiefe Ringraumabdichtungen > 100 m/ Hohe Nachweisempfindlichkeit im Magnetiklog	Abdichtungen in maßhaltigen Bohrungen (Trockenbohrungen) mit mäßiger Signifikanz im Magnetiklog (300 M)	Ringraumabdichtungen in Spülbohrungen/ Sicherer Nachweis im Gammalog	Sichere Ringraumabdichtungen in Spülbohrungen	Ringraumabdichtungen in maßhaltigen Trockenbohrungen	Rückverfüllungen großkalibriger Bohrungen	Rückverfüllungen großkalibriger Bohrungen
<b>Bewertungsmerkmale: +++ sehr gut / + gut / 0 mäßig / - schlecht</b>							



## Produkte für den Brunnenbau

